

효율적인 현장 인력 관리를 위한 RFID 시스템에 관한 연구

A Study of RFID System for Effective Worker-Management

공재현, 박진우

서울대학교 공과대학 산업공학과

kong@mailab.snu.ac.kr

autofact@snu.ac.kr

Abstract

현대의 기업에서는 다양한 인적 자원과 비즈니스 솔루션을 이용하여 효율적인 기업 활동을 수행하기 위해 노력을 기울이고 있다. 하지만 현장에서 벌어지는 인적 자원의 능력에 대해 효율적으로 관리하고 상황에 맞게 업무를 배정하는 일은 매우 어렵다. 본 연구에서는 RFID(Radio-Frequency Identification)를 이용하여 현장 인력에 대한 정보를 실시간으로 수집하고 이 정보를 바탕으로 업무가 원활하게 이루어 질 수 있도록 하는 시스템을 제시한다. 전체적인 시스템의 구조와 데이터 모델을 구성하고 실시간 업무 분배규칙을 제시하였다. 본 연구를 통해 현장 작업의 효율성과 작업 배분의 공정성이 향상될 것으로 기대한다.

1. 서론

작업자의 성과를 관리하고 작업자를 필요한 위치에 배정하는 일은 기업의 효율성 향상을 위해 매우 중요한 일이다. 급변하는 기업환경에 맞게 경쟁력을 유지하기 위해서는 생산에 있어서의 유연성이 매우 중요해 졌지만, 생산 환경에서의 정확한 실시간 데이터의 획득과 즉각적인 대처가 매우 어렵기 때문에 생산의 유연성 확보에 많은 어려움을 겪고 있다. 특히 센서를 통해 정보를 수집할 수 있는 기계와는 달리 현장에서 발생하는 작업자의 실시간 정보는 획득하기가 더욱 어렵기 때문에 작업자의 성과를 정확하게 측정하고 유연하게 작업자를 배정하는 일에 대한 연구는 부족한 상황이다.

본 연구에서는 작업 진행 정보와 작업자의 활동 정보를 실시간으로 수집할 수 있는 RFID(Radio-Frequency Identification) 시스템을 구현하고 작업자의 활동을 관리함으로써 효율적이고 공정한 인력관리를 유도하고자 한다.

현장에서 작업자 성과를 개선하기 위해서는 작업자의 능력 개발, 동기 유발, 참여 기회

발굴 등의 활동이 뒷받침 되어야 한다. 본 연구에서는 다양한 작업을 수행할 수 있는 현장 작업자를 대상으로 작업에 대한 공평한 보상 및 작업량 분배를 통해 동기를 유발하고 작업자가 능력을 발휘할 수 있는 적절한 작업 배치를 통해 작업자의 능력을 극대화하는데 초점을 맞추고 있다.

본 연구에서 고려하는 시스템은 RFID 태그를 통해 수집된 정보를 EPCIS(Electronic Product Code Information Service)에 실시간으로 데이터를 저장하는 시스템과 축적된 정보를 바탕으로 작업을 할당하는 시스템으로 구성된다. 이러한 시스템 내에서 다양한 작업이 가능한 작업자 상황에 맞게 할당하는 규칙을 개발하고 그 유용성을 확인하는 것이 연구의 목적이다. 이를 위해 시스템의 구조와 데이터의 흐름, 작업자를 할당하는 규칙에 대해 설명하고 시험적으로 개발한 시스템을 보여준다.

2. 관련 연구

인적 자원의 효율을 높이기 위한 연구는 예전부터 진행되어 왔다. 적합한 인력을 채용하는 일에서부터 교육 및 훈련, 배치, 동기부여, 협동, 의사교환, 보상 등에 관한 다양한 연구가 진행되어 왔다. 특히 현장 작업자의 성과를 높이기 위한 핵심 요소로 작업자의 능력 개발, 동기 유발, 참여 기회 발굴[1, 2] 등에 대한 연구가 진행되어 왔다. 하지만 이러한 연구들은 대부분 장기적인 관점에서 기업의 경쟁력 강화와 연계된 정성적인 연구로 진행되었다. 또한 개별 작업자간 작업 부하의 공정성에 대한 연구가 있었지만[3, 4] 작업량이 많은 사람에게 보다 많은 보상을 해 준다는 단순한 개념을 벗어나지 못했고 제시한 척도 또한 단순했다. 이러한 연구는 작업자의 능력 및 성과에 대한 데이터 수집 없이 이론적으로 진행되었기 때문에 실제 생산 환경에 적용하는 것이 어려웠고 다양한

작업을 수행할 수 있는 작업자의 유연성에 대한 고려 또한 부족했다. 본 연구에서는 한 작업자가 다양한 작업을 수행할 수 있는 유연한 시스템에서 작업자에게 공정한 작업 부하와 보상이 주어지고 작업의 효율성을 높일 수 있는 방안을 제시한다.

본 연구에서는 개인 작업자가 여러 종류의 작업을 수행하여 생산의 유연성을 높이기 위해 DRC(Dual Resource Constrained) 시스템을 고려한다. DRC 시스템은 기계와 작업자를 한정된 자원으로 보고 다양한 기술을 가진 작업자를 유연하게 활용하기 위하여 고안되었다. 작업자가 한정된 상황에서 다양한 작업이 이루어지는 개별 작업장으로 작업자를 상황에 맞게 배치하는 것이 DRC 시스템의 목적이다. DRC 시스템에 대한 연구는 오래 전부터 이루어져 왔지만 특정한 상황에 맞게 고안된 *dispatching rule*에 대한 시뮬레이션 연구[5, 6, 7, 8]가 대부분이었다. 언제 작업자의 이동을 결정할 것인지에 대한 규칙인 ‘*who-rule*’과 작업자를 배치할 작업장을 선택하는 규칙인 ‘*where-rule*’의 다양한 조합을 통해 작업자를 할당하고 그 시뮬레이션 결과를 분석하는 연구[5, 7]가 많이 이루어졌고, 대안 작업자가 다수일 경우 어떤 작업자를 선택할 것인지를 결정하는 규칙인 ‘*who-rule*’을 이용하여 시스템을 구성하고 시뮬레이션을 수행하는 연구[8]가 있었다. 하지만 이러한 연구들은 전체 생산 시간을 줄이거나 기계의 사용률을 높이는 데에 초점이 맞추어져 있었기 때문에 개별 작업자의 능률 향상이나 공정한 작업 부하에는 관심을 두고 있지 않았다. 작업자의 실시간 데이터를 수집하고 통제하는데 많은 어려움이 존재하기 때문이었다.

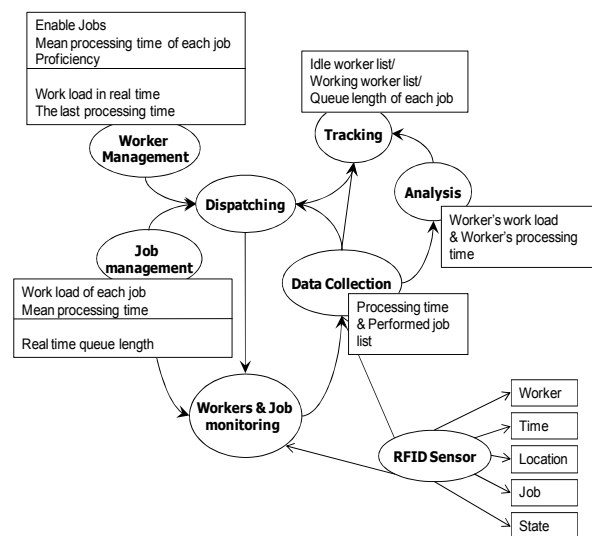
오늘날에는 생산 환경에서의 실시간 데이터를 수집할 수 있는 다양한 수단이 제시되고 있다. 그 중에서 RFID를 이용한 데이터 수집 방법을 이용할 경우 개별 생산 품목을 추적할 수 있을 뿐만 아니라 EPCglobal network를 통해 재고, 물류, 판매 등에서 발생하는 정보를 공유할 수 있다. 또한 작업자가 RFID 태그를 휴대하는 것이 가능하기 때문에 작업자의 위치 및 활동 등을 파악하는 데 용이하다. 본 연구에서는 RFID를 통해 수집된 이벤트는 EPCIS에 저장되어 다양한 목적으로 사용 가능하다. 본 연구에서는 RFID를 통해 작업 진행 상황과 작업자에 관련된 실시간 데이터를 수집하여 작업자에게 적합한 작업을 할당하는데 이용하였다.

3. 시스템 개요

본 연구에서는 RFID를 통해 정보가 수집되고 EPCIS에 정보가 축적되어 작업자를 상황에

맞게 실시간으로 배정하는 시스템을 구성하였다. RFID 태그에서 수집된 이벤트는 ALE(Application Level Events)를 통해 필터링되고 ONS(Object Naming Service)를 통해 EPCIS의 주소를 찾아 정보를 저장하거나 갱신한다. 이렇게 수집된 정보를 바탕으로 작업자에 대한 실시간 통제가 이루어진다.

수집된 정보를 이용하여 작업자를 통제하는 시스템의 간략한 구조는 다음 [그림 1]과 같다. 이것은 생산환경을 감시하고 통제하는 MES(Manufacturing Execution System)표준인 ISA-95[9]에서 제시하는 모델을 작업자 배치에 맞게 수정한 것이다. RFID를 통해 언제, 어떤 작업자가 어디에서 어떤 작업을 수행하고 있는지, 작업 진행 정도가 어느 정도인지, 대기 작업 어떤 것인지에 대한 정보가 수집되면 이를 바탕으로 작업 시간, 작업 이력, 작업 수행 중인 작업자의 목록, 대기 작업 목록 등의 정보를 얻을 수 있다. 이러한 정보에 대한 분석을 통해 개별 작업자의 작업 부하를 계산할 수 있고, 작업을 하지 않고 있는 작업자의 목록, 개별 작업자의 작업시간 통계자료, 각 작업장 별 대기 시간 등의 정보를 도출 할 수 있다. 이러한 정보는 개별 작업자 정보(가능 작업, 평균 작업 시간, 숙련도와 같이 작업자 별로 저장되어 있는 정보와 실시간 작업 부하, 최근 작업 시간과 같이 실시간으로 갱신되는 정보)와 작업 정보(작업 별 작업 부하, 작업 별 평균 작업 시간, 현재 대기 시간) 등의 정보와 함께 작업을 배정하는데 이용된다. RFID를 통해 수집된 정보들은 작업의 도착, 작업자의 도착, 작업 시작, 작업 끝과 같은 특수한 이벤트와 연계되어 EPCIS와 데이터베이스에 저장되고 작업자를 할당하는 프로세스가 자동적으로 진행되도록 한다.



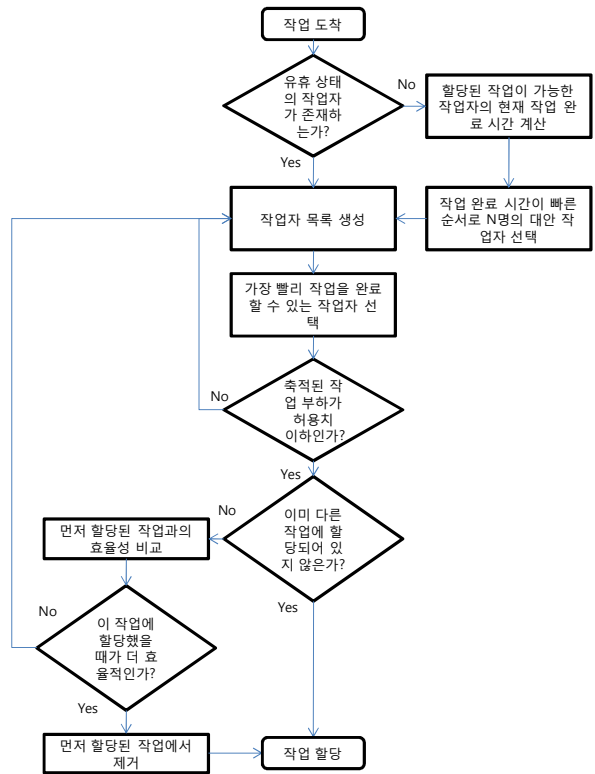
[그림 1] 작업자 할당을 위한 activity model

4. 개발 방법론

본 연구에서는 개별 작업자가 다양한 작업을 수행할 수 있는 환경에서 공평하고 능률을 높일 수 있도록 작업을 할당하려고 한다. 따라서 하나 이상의 기술을 가진 작업자를 상황에 맞게 작업장에 할당하는 DRC 환경을 가정한다. 이전의 연구에서는 주로 언제 작업자를 할당할 것인지에 대한 ‘when-rule’과 어느 작업장에 작업자를 할당할 것인지에 대한 ‘where-rule’에 대한 시뮬레이션 연구가 주를 이루었다. ‘when-rule’에는 작업자가 하나의 작업을 끝낸 경우에 다른 작업장으로 이동할 수 있는 ‘centralized when-rule’과 작업장의 모든 작업을 끝낸 경우에 이동할 수 있는 ‘decentralized when-rule’이 있고 ‘where-rule’에는 ‘FISFS(First in system, first served) rule’, ‘LNQ(the Longest Queue) rule’ 등이 있다. 이러한 두 종류의 규칙의 조합을 통해 효율성을 실험해 보는 것이 대부분의 연구였다. 이러한 연구는 작업자를 동일한 자원으로 보고 있기 때문에 작업자의 특성(능력, 숙련도, 축적된 작업부하)등의 요소를 고려하는 것이 어려웠다. ‘who-rule[8]’을 통해 작업자에 초점을 맞춘 작업 분배가 고려되었지만 가장 오래 쉰 작업자를 할당하거나, 우선 순위가 높은 작업자를 먼저 할당하는 것과 같이 단순한 규칙을 통해서 작업자의 특성을 반영하는 것이 힘들었다. 따라서 본 연구에서는 단순한 ‘dispatching rule’을 제시하는 것이 아니라, 수집된 정보를 통해 상황을 인식하고 거기에 맞는 작업 할당을 수행한다. 이 때 중심이 되는 요소가 작업의 효율성과 공정성이다.

단순하게 생각하면 필요한 작업이 발생했을 때 그 당시에 작업을 가장 잘하는 작업자에게 작업을 분배하는 것이 가장 효율적일 수 있지만, 그런 경우 유능한 작업자의 작업 부하가 매우 높아질 수 있고 이러한 상태가 지속된다면 공정하지 못할 뿐만 아니라, 작업 능률 역시 떨어지게 된다. 또한 납기 지연 등의 여쩍 수 없는 사정으로 인해 유능한 작업자에게 높은 부하의 작업을 할당했다면 그에 대한 보상이 이루어져야 한다. [그림 2]와 같이 작업이 작업장에 도착했을 때 작업자를 선택함으로써 작업이 진행된다. 유희상태의 작업자가 존재할 때는 그러한 유희 작업자를 대상으로 작업 할당이 이루어지고, 유희 작업자가 존재하지 않는 경우에는 이 작업이 가능한 작업자 중에서 가장 빨리 작업이 완료되는 작업자를 N명 선택하여 작업자 목록을 만든다. 이 작업자 군 중에서 이 작업을 가장 빨리 끝낼 수 있는 작업자를 선택한다. 만일 아직 다른 작업이 끝나지 않은 작업자라면 이전 작업의 남은 작업시간과 이동 시

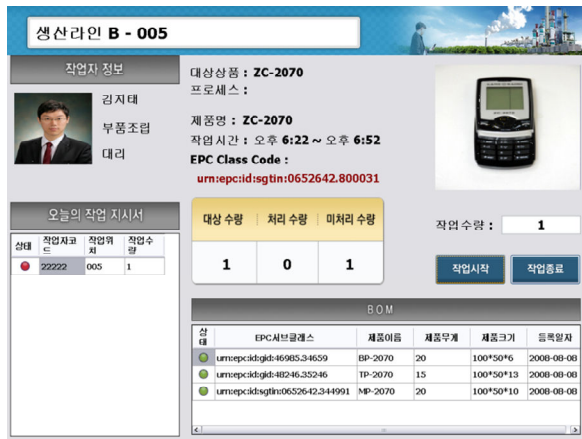
간도 합산된다. 이렇게 선택된 작업자의 작업량이 허용 작업 부하를 넘어서는 경우에(이미 많은 작업을 수행했을 경우)는 다른 작업자를 찾는다. 허용 작업 부하는 일괄적으로 관리되거나 개인특성에 따라 달리 관리될 수 있다. 또한 이렇게 선택된 작업자의 이후 스케줄이 이미 결정되어 있는 경우에는 시스템 전체의 효율성을 고려하여 작업을 변경할 수 있다.



[그림 2] 작업 할당 알고리즘

5. 시스템 개발

본 연구를 실제 환경에 적용하기 위해 RFID 기반의 실험 환경을 구성하였다. 작업 현장에 투입되는 부품에는 모두 수동형 RFID 태그가 부착되어 작업장에 도착했을 때 작업 대기 이벤트가 발생하고 작업이 수행되는 시간과 과정을 기록할 수 있게 했다. 또한 작업자는 능동형 RFID 태그를 가지고 있어서 작업자가 작업장에 도착하면 작업자가 해야 할 일을 확인하고 수행할 수 있도록 구성하였다. 편의상 몇 가지의 부품이 조립되는 공정을 가정하였다. [그림 3]과 같이 작업자가 작업대에 도착하면 현재 진행해야 할 일들을 보여주고 작업자가 도착한 시간을 기록한다. 작업이 시작되면 작업대 위에 놓여져 있는 부품들을 조립하고 완료 제품이 모든 부품을 포함하고 있으면 작업이 완료된다. 이 모든 과정은 RFID를 통해 추적된다.



[그림 3] 작업자 화면

이렇게 저장된 정보는 개별 작업자의 작업 진행 상황을 실시간으로 파악할 수 있게 할 뿐만 아니라 작업 시간을 기록하고 분석하여 개별 작업자의 작업 능률이나 시간에 따른 컨디션 변화를 확인 할 수 있게 해 준다.

현재는 작업 진행을 추적/저장/분석하는 부분까지 구현이 완료되었고 본 연구에서 제시한 실시간으로 작업 할당 알고리즘을 적용하는 부분은 진행 중이다.

6. 결론

본 연구에서는 RFID 기술을 이용하여 작업 진행 정보와 개별 작업자의 상태 정보를 수집하여 작업자를 필요 작업에 할당하고 관리하는 시스템을 구성하였다. 작업자에게 공정하고 높은 성과를 나타낼 수 있는 작업을 할당하여 전체 생산 시스템의 생산성을 향상시키고 작업자의 의욕을 높이는 것이 연구의 목표이다. 또한 작업자의 작업 성과에 맞게 공정한 보상을 지급하는 것 역시 관심의 대상이다. 이를 위해 RFID를 이용하여 작업 감시와 통제, 작업 할당이 이루어지도록 하는 시스템 모델을 개발하였고, 수집된 상태 정보를 바탕으로 작업자를 할당하는 알고리즘을 만들었다. 또한 이를 적용할 수 있는 시스템을 개발하고 있다.

본 연구에서 개발하는 시스템은 EPCglobal Network를 이용하여 정보를 수집하도록 고안되어 있기 때문에 생산 프로세스에서의 정보 관리뿐만 아니라 재고, 물류, 판매, 사후관리와 같은 분야에서 발생하는 정보 또한 이용할 수 있다. 예를 들어 어떤 작업자가 생산한 제품이 단기간 내에 고장이 자주 발생한다고 했을 때 AS 센터와 연결된 데이터 추적을 통해 이러한 사실을 확인할 수 있고 재교육, 재배치 등의 활동으로 문제를 해결할 수 있다. 현재 수행되고 있

는 연구가 기업의 생산성 향상뿐만 아니라 기업 내/외부에서의 효율적인 정보공유, 작업자의 행복 증진에도 기여할 수 있기를 기대한다.

References

- [1] E. Appelbaum, T. Bailey, P. Berg and A. Kalleberg, *Manufacturing advantage : why high-performance work system pay off*, Ithaca, NY: Cornell University Press, 2000
- [2] T. Bailey, P. Berg and C. Sandy, *The effect of high-performance work practices on employee earnings in the steel, apparel, and medical electronics and imaging industries*, Industrial and Labor Relation Review, Vol. 54, No. 2A, (2001), pp. 525-543.
- [3] S. Ramadhar, "Fair" Allocation of Pay and Workload : Tests of Subtractive Model with Nonlinear Judgement Function, Organizational Behavior and Human Decision Processes, Vol. 62, No. 1, (1995), pp. 70-78
- [4] S. Ramadhar, *Group Harmony and Interpersonal Fairness in Reward Allocation : on the Loci of the Moderation Effect*, Organizational Behavior and Human Decision Processes, Vol. 72, No. 2, (1997), pp. 158-183
- [5] J. Cochran and H. Horng, *Dynamic dispatching rule-pairs for multitasking worker in JIT production systems*, International Journal of Production Research, Vol. 37, No 10, (1999), pp. 2175-2190
- [6] A. Ruiz-Rorres and F. Hahmood, *Impact of Worker and shop flexibility on assembly cells*, International Journal of Production Research, Vol. 45, No. 6, (2007), pp. 1369-1388
- [7] L. Salum and O. Araz, *Using the When/Where rules in dual resource constrained systems for a hybrid push-pull control*, International Journal of Production Research, (2007), 1-17, iFirst
- [8] J. Bokhosrst, J. Slomp and G. Gaalman, *On the who-rule in Dual Resource Constrained(DRC) manufacturing systems*, International Journal of Production Research, Vol. 42, No 23, (2004), pp. 5049-5074
- [9] C. Gifford, *The Hitchhiker's Guide to manufacturing Operation Management : ISA-95 Best Practices Book 1.0*, ISA, 2007